



Ifw

Docket No. 1232-5269

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): Toshihiko TSUJI

Serial No.: 10/769,373

Group Art Unit: 2878

Confirmation No. 7890

Examiner: TBA

Filed: January 30, 2004

For: ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM AND EXPOSURE APPARATUS

**CERTIFICATE OF MAILING (37 C.F.R. §1.8(a))**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

I hereby certify that the attached:

1. Claim to Convention Priority w/1 document
2. Certificate of Mailing
3. Return postcard receipt

along with any paper(s) referred to as being attached or enclosed and this Certificate of Mailing are being deposited with the United States Postal Service on date shown below with sufficient postage as first-class mail in an envelope addressed to the: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Respectfully submitted,  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: October <sup>26</sup>, 2004

By: Helen Tiger  
Helen Tiger

Correspondence Address:

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.  
3 World Financial Center  
New York, NY 10281-2101  
(212) 415-8700 Telephone  
(212) 415-8701 Facsimile



CUSTOMER NO. 27123

Docket No. 1232-5269

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): Toshihiko TSUJI

Group Art Unit: 2878

Serial No.: 10/769,373

Confirmation No. 7890

Examiner: TBA

Filed: January 30, 2004

For: ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM AND EXPOSURE APPARATUS

**CLAIM TO CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55, applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application(s):

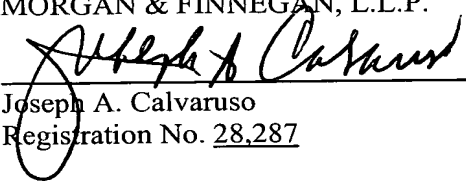
Application(s) filed in: Japan  
In the name of: Canon Kabushiki Kaisha  
Serial No(s): 2003-324636  
Filing Date(s): September 17, 2003

- ☒ Pursuant to the Claim to Priority, applicant(s) submit(s) a duly certified copy of said foreign application.
- ☐ A duly certified copy of said foreign application is in the file of application Serial No. \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_.

Dated: October 29, 2004

By:

Respectfully submitted,  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

  
\_\_\_\_\_  
Joseph A. Calvaruso  
Registration No. 28,287

Correspondence Address:  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.  
3 World Financial Center  
New York, NY 10281-2101  
(212) 415-8700 Telephone  
(212) 415-8701 Facsimile

## BEST AVAILABLE COPY

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日 2003年 9月17日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-324636  
Application Number:

[ST. 10/C]: [JP 2003-324636]

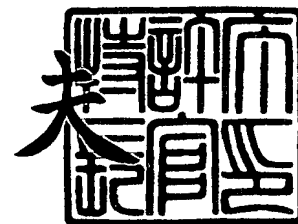
出願人 キヤノン株式会社  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2004年 1月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3111305

【書類名】 特許願  
【整理番号】 257123  
【提出日】 平成15年 9月17日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01L 21/027  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会社内  
    【氏名】 辻 俊彦  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000001007  
    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号  
    【氏名又は名称】 キャノン株式会社  
    【代表者】 御手洗 富士夫  
【代理人】  
    【識別番号】 100090538  
    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会社内  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 西山 恵三  
    【電話番号】 03-3758-2111  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100096965  
    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会社内  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 内尾 裕一  
    【電話番号】 03-3758-2111  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 011224  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9908388

**【書類名】特許請求の範囲****【請求項 1】**

被照射面を照明する照明光学系において、  
光源部からの光束を略平行な光束にする光学系と、  
該光学系からの光で複数の 2 次光源を形成する反射型インテグレータと、  
該複数の 2 次光源からの光束を前記被照射面に重ねるミラー系と、を有し、  
前記光学系は第 1 ミラーと第 2 ミラーとを有し、該第 1 ミラーは開口部を持ち、該開口部を前記第 2 ミラーで反射する光束が通過することを特徴とする照明光学系。

**【請求項 2】**

前記開口部は、前記第 1 ミラーの中央にあることを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

**【請求項 3】**

前記開口部は、前記光学系の光軸上にあることを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

**【請求項 4】**

前記開口部は、前記光源部の集光ミラーの光軸上にあることを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

**【請求項 5】**

前記第 1 ミラーは凹面ミラーであり、前記第 2 ミラーは凸面ミラーであることを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

**【請求項 6】**

前記インテグレータは、複数の凸面円筒面、複数の凹面円筒面、又はその組み合わせによる反射面を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

**【請求項 7】**

前記第 1、第 2 ミラーは、冷却機構を有し、該冷却機構は冷却水が流れる流路を持つことを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

**【請求項 8】**

前記凸面ミラーは、少なくとも 2 つ以上のロッドにより固定されており、該ロッドのうち少なくとも 2 つは、冷却水が流れる流路を持つことを特徴とする請求項 5 記載の照明光学系。

**【請求項 9】**

前記ミラー系は、前記 2 次光源からの光束を集光して円弧形状の照明領域を形成する円弧形成光学系を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

**【請求項 10】**

前記円弧形成光学系は、前記インテグレータの反射面近傍に焦点を持つ曲面ミラーと少なくとも 1 つのミラーとを有し、該曲面ミラーへ入射する光束の角度は  $45^\circ$  以下であることを特徴とする請求項 9 記載の照明光学系。

**【請求項 11】**

前記曲面ミラーは、回転放物面ミラーであることを特徴とする請求項 9 記載の照明光学系。

**【請求項 12】**

前記曲面ミラーへ入射する光束の角度は、 $20^\circ$  以下であることを特徴とする請求項 9 記載の照明光学系。

**【請求項 13】**

前記ミラー系は、前記円弧状の照明領域が形成される面の近傍に配置された円弧形状の開口部を持つ円弧スリットとマスキングブレードと、該円弧形状の開口部を所定の倍率で拡大又は縮小して前記被照射面に結像するマスキング結像系と、を有することを特徴とする請求項 9 記載の照明光学系。

**【請求項 14】**

前記集光ミラーの集光点近傍に配置された、ピンホールを有するアパーチャを有するこ

とを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 1 5】

前記光源からの光束は、2 0 0 n m 以下の波長の光であることを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 1 6】

前記光源からの光束は、2 0 n m ~ 5 n m の波長の光であることを特徴とする請求項 1 5 記載の照明光学系。

【請求項 1 7】

被照射面を照明する照明光学系において、  
光源部からの光束を略平行な光束にする光学系と、  
該光学系からの光で複数の 2 次光源を形成する反射型インテグレータと、  
該 2 次光源からの光束を前記被照射面に重ねるミラー系と、を有し、  
前記光学系は複数のミラーを持ち、その光軸と前記光源部の集光ミラーの光軸とは略一致していることを特徴とする照明光学系。

【請求項 1 8】

被照射面を照明する照明光学系において、  
光源部からの光束を略平行な光束にする光学系と、  
該光学系からの光で複数の 2 次光源を形成する反射型インテグレータと、  
該 2 次光源からの光束を前記被照射面に重ねるミラー系と、を有し、  
前記光学系は複数のミラーを持ち、前記光源部の発光点は前記光学系の光軸上若しくはその近傍にあることを特徴とする照明光学系。

【請求項 1 9】

光源部からの光束を略平行な光束にする光学系を備え、  
該光学系は第 1 ミラーと第 2 ミラーとを有し、該第 1 ミラーは開口部を持ち、該開口部を前記第 2 ミラーで反射する光束が通過することを特徴とする照明光学系。

【請求項 2 0】

光源部からの光束を略平行な光束にする光学系を有し、  
該光学系は複数のミラーを持ち、その光軸と前記光源部の集光ミラーの光軸とは略一致していることを特徴とする照明光学系。

【請求項 2 1】

光源部からの光束を略平行な光束にする光学系を有し、  
該光学系は複数のミラーを持ち、前記光源部の発光点は前記光学系の光軸上若しくはその近傍にあることを特徴とする照明光学系。

【請求項 2 2】

マスクを照明する請求項 1、1 7 ~ 2 1 のいずれか一項記載の照明光学系と、該マスクのパターンを基板に投影する投影光学系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 2 3】

請求項 2 2 記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、該露光された基板を現像する工程とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】照明光学系及び露光装置

【技術分野】

【0001】

本発明は照明光学系及びそれを用いた露光装置に関し、特に光源として波長200nm～10nmの極端紫外線領域(EUV)又はX線領域の発光光源を利用する照明光学系及び、それを用いて半導体ウエハ用の単結晶基板、液晶ディスプレイ用のガラス基板などの被処理体を露光する露光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

微細パターンをもつ半導体回路素子などを製造する方法として、例えばEUV光又はX線を用いた縮小投影露光方法がある(例えば、特許文献1～3参照。)

【0003】

この方法では、回路パターンが形成されたマスク(レチクル)をそのEUV光で照明し、マスク上のパターンの像をウエハ面に縮小投影し、その表面のレジストを露光してパターンを転写する。

【0004】

従来のEUV縮小投影露光装置1000の要部概略を図11に示す。図11において、1001はEUV光の発光点、1002はEUV光束、1003はフィルタ、1004は第1の回転放物面ミラー、1005は反射型インテグレータ、1006は第2の回転放物面ミラー、1007は反射型マスク、1008は投影光学系を構成する複数のミラー系、1009はウエハ、1010はマスクステージ、1011はウエハステージ、1012は円弧状アパーチャ、1013はレーザ光源、1014はレーザ集光光学系、1017は真空容器である。また図13は、マスク1007上の照明領域1015と露光が行なわれる円弧状領域1016との関係を示す平面図である。

【0005】

このように露光装置1000は、EUV光を生成する光源部1013および1014、照明光学系(即ち、第1の回転放物面ミラー1004、反射型インテグレータ1005及び第2の回転放物面ミラー1006)、反射型マスク1007、投影光学系1008、ウエハ1009、マスクを搭載したステージ1010、ウエハを搭載したステージ1011、マスクやウエハの位置を精密に合わせる不図示のアライメント機構、EUV光の減衰を防ぐために光学系全体を真空に保つための真空容器1017と不図示の排気装置からなる。

【0006】

照明光学系は、発光点1001からのEUV光1002を第1の回転放物面ミラー1004で集光し、反射型インテグレータ1005に照射して2次光源を形成し、さらに、この2次光源からのEUV光を第2の回転放物面ミラー1006で重畳されるように集光し、マスク1007を均一に照明する。

【0007】

反射型マスク1007は多層膜反射鏡の上にEUV吸収体などからなる非反射部を設けた転写パターンが形成されたものである。反射型マスク1007で反射された回路パターンの情報を有するEUV光は、投影光学系1008によってウエハ1009面上に結像する。

【0008】

投影光学系1008は光軸中心に対して軸外の細い円弧状の領域が良好な結像性能をもつように設計されている。従って、露光はこの細い円弧状領域のみが利用されるように、ウエハ1009直前に円弧状の開口をもったアパーチャ1012が設けられている。そして矩形状をしたマスク全面のパターンを転写するため、反射型マスク1007とウエハ1009が同時にスキャンして露光が行なわれる。

【0009】

ここで投影光学系 1008 は複数の多層膜反射鏡によって構成され、マスク 1007 上のパターンをウエハ 1009 表面に縮小投影する構成となっており、通常、像側テレセントリック系が用いられている。なお、物体側（反射型マスク側）は、反射型マスク 1007 に入射する照明光束との物理的干渉を避けるために、通常、非テレセントリックな構成となっている。

#### 【0010】

レーザ光源 1013 からのレーザ光はレーザ集光光学系 1014 により発光点 1001 の位置にある不図示のターゲットに集光され、高温のプラズマ光源 1001 を生成する。このプラズマ光源から熱輻射により放射された EUV 光 1002 は第 1 の回転放物面ミラー 1004 で反射して平行な EUV 光束となる。この光束が反射型インテグレータ 1005 で反射して、多数の 2 次光源を形成する。

#### 【0011】

この 2 次光源からの EUV 光は第 2 の回転放物面ミラー 1006 で反射して反射型マスク 1007 を照明する。ここで該 2 次光源から第 2 の回転放物面ミラー 1006、第 2 の回転放物面ミラー 1006 から反射型マスク 1007 までの距離は、第 2 の回転放物面ミラー 1006 の焦点距離に等しく設定されている。

#### 【0012】

2 次光源の位置に第 2 の回転放物面ミラー 1006 の焦点が位置しているので 2 次光源の 1 つから出た EUV 光は反射型マスク 1007 を平行光束で照射する。投影光学系 1008 は 2 次光源の像が投影光学系 1008 の入射瞳面に投影される様に設計されており、これによりケーラー照明の条件が満たされている。即ち反射型マスク 1007 上のある 1 点を照明する EUV 光は全ての 2 次光源から出た EUV 光の重なったものである。

#### 【0013】

マスク面上の照明領域 1015 は、図 12 に示すように、反射型インテグレータ 1005 の構成要素である凸又は凹面ミラーの反射面の平面形状と相似であり、実際に露光が行なわれる円弧領域 1016 を含むほぼ矩形領域である。投影光学系 1008 は 2 次光源の像が投影光学系 1008 の瞳面に投影されるように設計されている。

【特許文献 1】特開平 10-70058 号公報

【特許文献 2】特開 2003-045774 号公報

【特許文献 3】特開 2003-045784 号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0014】

しかしながら、従来の EUV 縮小投影露光装置には次の様な欠点があった。即ち、光源 1001 から等方的に発生した EUV 光束 1002 の光軸に対して、回転放物面ミラー 1004 の反射面が対称ではないため、反射型インテグレータ 1005 を極めて不均一に照明していた。このような場合には、マスク 1007 を照明する光の角度分布が極めて不均一となり、その結果、パターンの解像性能の悪化を招いていた。

#### 【0015】

そこで、上記従来技術の問題点に鑑み、本発明の例示的な目的は、従来よりもマスクを照明する光の角度分布が均一である照明光学系及びこれを用いた露光装置を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0016】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての照明光学系は、光源部からの光束を略平行な光束にする光学系を備え、該光学系は第 1 ミラーと第 2 ミラーとを有し、該第 1 ミラーは開口部を持ち、該開口部を前記第 2 ミラーで反射する光束が通過することを特徴とする。

#### 【0017】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付の図面を参照して説明される好ま

しい実施例等によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0018】

従来よりも、性能の良い照明光学系を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下に、本発明の実施の形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【実施例1】

【0020】

図1は本発明の第1の実施例の要部概略図である。同図において、1は励起レーザ光、2はEUV光を放射するプラズマ発光点、3aはプラズマ生成のターゲットとなる液滴を噴射するノズル、3bは励起レーザ光が照射されなかった液滴を回収して再利用するための液滴回収部、4はプラズマ発光点から放射される光束を受光する集光ミラー、6aはプラズマからの飛散粒子（デブリ）を除去するフィルタ、6bはEUV光以外の波長の光束を除去する波長フィルタ、7は集光ミラー4の集光点近傍に配置されたピンホール状のアーチャー、8はプラズマ光源を収容する真空容器、であり、これらが光源部を構成している。なお、5はミラー4により集光されたEUV光束であり、9は露光装置本体とプラズマ光源部を真空状態で接続するための接続部である。

【0021】

次に、10a、10bはアーチャー7を通過したEUV光束を受光し、ほぼ平行光束に変換するための凹面ミラーと凸面ミラーからなる平行変換光学系である。11aは複数の円筒面ミラーを有するインテグレート、11b、11cはインテグレート11aからの光束を円弧状に集光するための回転放物面ミラーを含んだ光学系である。11a、11b、11cで円弧変換光学系を形成している。12は円弧状の開口部を有し、その幅を部分的に可変できるスリット、13は所望の露光領域に照明光を制限するためのマスキングブレード、14はマスキング結像系であって、マスキングブレード13を物体側、反射マスク16面を像側として所望の倍率で結像し、円弧照明領域を反射マスク上に形成する。14a、14b、14c、14dはそれぞれマスキング結像系14を構成する曲面ミラー、14eはマスキング結像系14の像側光束14'を、反射マスク16へはね上げて所定の角度で入射するための平面ミラー、15はマスキング結像系14の瞳面に配置された開口絞りであり、以上が、光源部からの光で反射マスク16を照明する照明光学系を構成する。

【0022】

そして、17は反射マスク16を保持するマスクステージ、18は複数枚のミラーにより構成される投影光学系、19は感光材が塗布されたウエハ、20はウエハ19を保持するウエハステージ、21はEUV光の減衰を防ぐために光学系全体を真空に保つための真空容器である。

【0023】

不図示の励起レーザ光源及び集光光学系から成る励起レーザ部から放射された、高出力の励起パルスレーザ光1は、発光点2の位置に集光するように構成されており、レーザプラズマ光源部を形成している。このレーザプラズマ光源のターゲットとなる液滴（例えばXeから成る）は、ノズル3aから一定の時間間隔で連続的に噴射され、集光点2を通過するようになっている。そして上記のように噴射された液滴が、ちょうど2の位置にきた時に、励起パルスレーザ光1がその液滴を照射することで高温のプラズマ発光点2を生成し、このプラズマからの熱輻射によってEUV光が発生する。

【0024】

なお、本実施例ではターゲットとしてXeの液滴を用いた形態を示しているが、ターゲットとしてはXeガスをノズルから真空中に噴射して、断熱膨張により生じるクラスターを用いたり、Xeガスを金属表面で冷却して固体化したものを用いたり、Cu等の金属テープを用いたものを選択してもよい。あるいは、EUV光源としてアンジュレータを用いてもよい。また、EUV光源としてZピンチ方式、プラズマ・フォーカス、キャピラリー・

ディスチャージ等の所謂ディスチャージ方式によるプラズマ光源を用いてもよい。

#### 【0025】

プラズマ発光点 2 から放射された E U V 光は、回転楕円ミラー等による集光ミラー 4 により集光されて E U V 光束として取りだされ、フィルタ 6 a によりプラズマ及びその周辺から直接前方へ飛ぶ飛散粒子（デブリ）を除去され、さらに必要に応じてフィルタ 6 b により E U V 露光に不要な波長成分を除去されて、プラズマ光源を収容する真空容器 8 と、露光装置本体の真空容器 21 の境界面に設けられたピンホール状のアパーチャ 7 の位置に集光される。光源の真空容器 8 と露光装置本体の真空容器 21 は、接続部 9 で接続されている。

#### 【0026】

上記アパーチャ 7 を通過した E U V 光束 5 は、中心部分に開口部を有する凹面ミラー 10 a とそのミラーと比べて小径の凸面ミラー 10 b からなる平行変換光学系によりほぼ平行な光束 10' に変換される。ここで、凹面ミラー 10 a は、凸面ミラー 10 b によって反射された光が通過するための開口を有し、その開口は光源部の集光ミラーの光軸（回転対称軸）上に配置されている。また、これらのミラー 10 a, 10 b は、略回転対称となるような反射面を有しており、その光軸（回転対称軸）と集光ミラーの光軸とがほぼ一致している。従って、平行変換光学系の光軸上若しくはその近傍に E U V の発光点 2 がある。

#### 【0027】

ここで上記の集光ミラー 4 及びミラー 10 a, 10 b は、E U V 光を効率良く反射するための反射多層膜が成膜されており、高温のプラズマ 2 からの放射エネルギーを一部吸収するために、露光中に高温になる。そのために材質としては熱伝導性の高い金属等の材料を用いるとともに、水冷など不図示の冷却手段を有しており、露光中は常に冷却されている。以下ではこの平行変換光学系について、別の図を用いてさらに詳細に説明する。

#### 【0028】

図 9 は上記平行変換光学系の要部外略図である。

#### 【0029】

同図において、ミラー 10 a はその裏面に水冷による冷却機構 2003 が配置されて一体化しており、不図示の冷却水循環系によってこの冷却機構内を水が循環することにより、ミラー 10 a は裏面から冷却されている。また、ミラー 10 a は保持機構 2002 により鏡筒内で保持されている。この保持機構 2002 は、ピエゾ素子で構成されたパラレルリンク機構等の位置微調整機構を含んでおり、これによりミラー 10 a はその姿勢を高精度に制御することが可能となっている。

#### 【0030】

同様にミラー 10 b は裏面に水冷による冷却機構 2006 が配置されて一体化している。そしてこのミラー 10 b は少なくとも 2 本以上のロッド 2004 により保持されている。そしてこのロッド 2004 は、ミラー 10 a と同様の保持機構 2005 により鏡筒内と接続されることによって、ミラー 10 b は鏡筒内にロッド 2004 を介して保持され且つその姿勢を高精度に制御可能となっている。

#### 【0031】

上記ロッド 2004 による保持の構成については、例えばロッドを 4 本用いて、これらを互いに直交するように配置して、その十字の中心部にミラー 10 b が固定されるようにしてもよい。あるいは 3 本のロッドを互いに 120° の角度になるように配置して、その中心部にミラー 10 b が固定されるようにしてもよい。ミラー 10 b を中心として、ロッド 2004 の配置が中心対称系となるように配置することにより、E U V 光束 5 に対してロッドが光を部分的に遮っても、光束の進行方向に対して光束分布の回転対称性は失われず、良好な照明を行なうための問題とはならない。

#### 【0032】

上記のロッド 2004 は剛性の高い材質、例えば金属が用いられており、その内少なくとも 2 本は中空であって内部を冷却水が流れるようになっている。そしてこの冷却水は、

不図示の冷却水循環系の作用によってミラー 10b の冷却機構 2006 内を循環する構成となっている。

#### 【0033】

図 10 は、ミラー 10b と一体化している冷却機構 2006 について、冷却水が流れる流路の例を示す図である。この例では、所望の厚さの金属板の表面に溝を掘って流路を 2101 の様に形成している。流路の始点 2102 と終点 2103 には紙面垂直方向に穴が貫通しており、金属板の裏面に冷却水を流すための不図示のプラグが装着されており、中空のロッドと接続されている。

#### 【0034】

この冷却機構 2006 を、ミラー 10b の裏面と密着させて一体化することで、流路 2101 に始点 2102 から冷却水を流して終点 2103 から排出される間に、水が流路外に漏れ出さないような構造となっている。上述したように、不図示の冷却水循環系からロッド 2004 (中空) を介して、冷却機構 2006 に冷却水が供給されることで、ミラー 10b は必要に応じて冷却されている。

#### 【0035】

また、以下では特に明示しないが、光学系に用いられている各ミラーの反射面には、EUV 光を効率良く反射するための反射多層膜が成膜されており、必要に応じてミラーは熱伝導性の高い金属等の材料を用いたり、冷却手段を装備したりしている。

#### 【0036】

次に、ほぼ平行な光束に変換された EUV 光 10' は、複数の反射型円筒面ミラーを有するインテグレータ 11a に入射し、各円筒面により分割されて発散する光束が、平面ミラー 11b と回転放物面ミラー 11c により円弧状に集光される事で、円弧スリット 12 の開口部に均一な照度分布をもつ円弧照明領域を形成する。

#### 【0037】

ここで、インテグレータ 11a によって円弧領域を均一に照明する原理について、別の図を用いて詳細に説明する。

#### 【0038】

図 3 (a) は複数の凸円筒面をもった反射型凸円筒面インテグレータ 11a に平行光が入射した場合の模式的斜視図であって、前記のほぼ平行な EUV 光束 10' は図示した方向から入射する。また図 3 (b) は、図 3 (a) と同様の効果を有する複数の凹円筒面をもった反射型凹円筒面インテグレータの模式的斜視図である。図 1 のインテグレータ 11a は、図 3 (a) で示されるような反射型凸円筒面インテグレータであるが、図 3 (b) で示されるような反射型凹円筒面インテグレータでも、あるいはこれらの凹凸の組み合わせであっても良い。

#### 【0039】

図 4 は反射型凸円筒面インテグレータの模式的断面図、図 5 は反射型凸円筒面インテグレータの円筒面での EUV 光反射の説明図、図 6 は反射型凸円筒面インテグレータの円筒面で反射した EUV 光束の角度分布図である。各図中、符号 11a は反射型凸円筒面インテグレータを示している。

#### 【0040】

図 3 (a) の様に、複数の円筒面をもったインテグレータ 11a にはほぼ平行な EUV 光束 11 を入射すると、このインテグレータの表面近傍に線状の 2 次光源が形成されると共に、この 2 次光源から放射される EUV 光束の角度分布が円錐面状となる。次にこの 2 次光源位置を焦点とする反射鏡で前記 EUV 光束を反射して反射マスクあるいは反射マスクと共役な面を照明することにより、円弧形状の照明が可能となる。

#### 【0041】

複数の円筒面をもった反射型インテグレータの作用を説明するために、まず、一つの円筒面反射鏡に平行光が入射した場合の反射光の振る舞いについて図 5 を用いて述べる。今、一つの円筒面にその中心軸に垂直な面に対して  $\theta$  の角度で平行光を入射する場合を考える。平行な入射光の光線ベクトルを

$$P1 = (0, -\cos \theta, \sin \theta)$$

円筒面形状の反射面の法線ベクトルを

$$n = (-\sin \alpha, \cos \alpha, 0)$$

とすると、反射光の光線ベクトルは

$$P2 = (-\cos \theta \times \sin 2\alpha, \cos \theta \times \cos 2\alpha, \sin \theta)$$

となる。このとき反射光の光線ベクトルを位相空間にプロットすれば、図6に示すように  $xy$  平面上で半径  $\cos \theta$  の円となる。即ち、反射光は円錐面状の発散光となり、この円錐面の頂点の近傍に2次光源が存在することになる。この2次光源はインテグレータ11aの円筒面が凹面であれば反射面の外部に実像として存在し、凸面であれば反射面の内部に、虚像として存在することになる。また図4に示すように反射面が円筒面の一部に限られていて、その中心角が  $2\phi$  である場合は、図6に示すように反射光の光線ベクトル  $P2$  の存在範囲は  $xy$  平面上で中心角  $4\phi$  の円弧601となる。

#### 【0042】

次に、上述した円筒面反射鏡に平行光が入射して形成される2次光源の位置近傍に焦点をもつ、焦点距離  $f$  の回転放物面ミラーと、さらにこの反射鏡から  $f$  だけ離れた位置に被照射面を配置した場合を考える。2次光源から出た光は円錐面状の発散光になり焦点距離  $f$  の反射鏡で反射したのち、平行光となる。このときの反射光は半径  $f \times \cos \theta$  で中心角  $4\phi$  の円弧状断面のシートビームになる。従って図6で示した様に、被照射面上の半径  $f \times \cos \theta$  で中心角  $4\phi$  の円弧状領域601のみが照明されることになる。

#### 【0043】

これまでは1つの円筒面反射鏡について説明してきたが、次に、多数の円筒面を平行に多数並べた広い面積のインテグレータ11aに、ある光束径を有する平行光10'が図1に示した方向に入射した場合について、図2を用いて説明する。

#### 【0044】

図2において、11aは前述したインテグレータ、11bは平面ミラー、11cは回転放物面ミラー、12は円弧状の開口部を有するスリットである。回転放物面ミラー11cは、軸201AXを中心対称軸とし、点202を焦点とする放物線を、軸201AXを回転軸として回転させて形成される面の一部を反射面とするミラーであって、焦点202とミラー面有効部中心点204との距離が、焦点距離  $f$  となる。また、点204と円弧スリット12の距離は、ほぼ前述の焦点距離  $f$  に等しくなるように配置されている。

#### 【0045】

そして回転放物面ミラー11cは、その回転軸201AXがインテグレータ11aの反射面近傍に、反射面と平行かつ表面の円筒面の並びに沿うように配置されている。そして回転放物面ミラー11cの有効部中心点204と焦点202の間には、平面ミラー11bが図に示すように配置されており、焦点202のミラー11b反射面に対して対称な点202'が、インテグレータ11aの反射面有効部のほぼ中心位置にくるような構成となっている。即ち、位置204から位置202'への光路長が焦点距離  $f$  に等しい。

#### 【0046】

このような配置にした場合、位置202'と円弧スリット12は、回転放物面ミラー11bに対して互いに焦点距離  $f$  だけ離れた関係、即ち互いにほぼフーリエ変換面の関係となり、ほぼ平行なEUV光束10'が図のようにインテグレータ11aに入射した場合は、円弧スリット12の開口部近傍に集光される。

#### 【0047】

この時、回転放物面ミラー11cへのEUV光束主光線の入射角  $\theta$  は低入射角度 ( $0^\circ$  より大きく  $45^\circ$  以下の角度)、具体的には  $20^\circ$  以下に設定されており、これにより入射角  $\theta$  が高入射角となるような配置にするよりも、円弧スリット12への集光の際に生じるボケ量を小さくして、円弧開口部近傍への集光効率を高めることができる。これによりケラレによる光の損失を抑える事が可能となり、照明系効率の向上をもたらすことができる。

#### 【0048】

次に円筒面を平行に多数並べた反射鏡で反射された光の角度分布は、先の例と変わらないので、インテグレータ 11a への光束入射角を  $\epsilon$  とすると、円弧スリット 12 の近傍には半径  $f \times \cos \epsilon$  の円弧状領域が照明されることになる。また、円弧スリット 12 近傍の一点に入射する光は、円筒面を平行に多数並べた反射鏡の照射領域全域から到達するので、ほぼ平行な EUV 光束 10' の光束径を D とすると、その角度広がり（すなわち集光 NA） $\gamma$  は  $\gamma = D / f$  となる。

#### 【0049】

この時、円弧照明領域において、その円弧に沿った方向に対して、インテグレータ 11a の多数の円筒面からの各光束が重畳されることで、照度の均一性が達成されている。即ちこれにより効率がよく均一な円弧照明を行なうことが可能となる。

#### 【0050】

ここで図 1 に戻り、本実施例の露光方法について引き続き説明する。同図において円弧スリット 12 の開口部近傍に形成された円弧照明領域は、マスキングブレード 13 によりその領域の一部を制限され、マスキング結像系 14 により所望の倍率で拡大または縮小されて、マスクステージ 17 に保持された反射型マスク 16 上に、所望の入射角度で入射して円弧照明領域を形成することで反射マスク 16 に対して円弧照明を行なう。なおこの円弧状の照明領域の曲率中心は、投影光学系 18 の光軸 18AX に一致している。

#### 【0051】

この円弧照明された反射型マスク 16 からの回路パターン情報を有する EUV 反射光は、投影光学系 18 により露光に最適な倍率で、感光材が塗布されたウエハ 19 に投影結像されることで、回路パターンの露光が行なわれる。

#### 【0052】

上記ウエハ 19 はウエハステージ 20 に固定されており、紙面上で上下前後に平行移動する機能を持ち、その移動は不図示のレーザ干渉計等の測長器で制御されている。そして、投影光学系 18 の倍率を M とすると、例えば反射型マスク 16 を紙面に平行な方向に速度  $v$  で走査すると同時に、ウエハ 19 を紙面に平行な方向に速度  $v / M$  にて同期走査することで、全面スキャン露光が行なわれる。

#### 【0053】

上記投影光学系 18 は複数の多層膜反射鏡によって構成され、光軸中心 18AX に対して軸外の細い円弧状の領域が良好な結像性能をもつように設計されている。そして反射型マスク 16 上のパターンをウエハ 19 表面に縮小投影する構成となっており、像側（ウエハ側）テレセントリック系となっている。そして物体側（反射型マスク側）は、反射型マスク 16 に入射する照明光束との物理的干渉を避けるために、通常、非テレセントリックな構成となっており、例えば本実施例においては、物体側主光線はマスク 16 の法線方向に対して約  $6^\circ$  傾いている。

#### 【0054】

以下では、

- ・円弧照明によるスキャン露光について
  - ・円弧スリット 12 による露光ムラ補正方法
  - ・マスキング結像系の構成
- について順を追って詳細に説明する。

#### 【0055】

図 7 (a) 及び図 7 (b) は、それぞれウエハ面におけるスキャン露光開始および終了の状態を示す図である。同図において、701 はウエハ面上の円弧照明領域であり、702 は露光対象となる露光領域である。この図では露光領域 702 はウエハステージ駆動により紙面の左から右へ移動し、円弧照明領域 701 が相対的に露光領域 702 を走査するようになっている。露光開始及び終了の段階で、円弧照明領域 701 が露光領域 702 以外の部分を照明しているが、これを防ぐためにマスキングブレードが遮光するようになっている。これについては後のマスキングブレードの動作の説明のところで述べる。なおこの例で示した走査方向に対して、相対的に逆方向に走査して露光を行なう場合についても

同様である。

#### 【0056】

上記のスキヤン露光において、円弧スリット12により露光ムラを補正する方法の詳細について図8を用いて説明する。同図において、810は円弧スリット12のスリット幅811を部分的に変えるための可動エッジ部が多数並んだものであり、811は円弧照明領域を形成するためのスリット開口部、812は前述したインテグレータ11a及びミラー系11b、11cにより形成された円弧照射領域であって、この照射領域からスリット開口部811を通過する光束を切り出すようになっている。

#### 【0057】

ここでスキヤン露光時において、反射型マスク16の回路パターンをウエハ19に縮小して転写する際に、円弧スリット内に照度ムラがあるとスキヤン露光した際に露光ムラが発生する。この問題を解消するために、円弧スリット内で照度が相対的に強い部分のスリット幅のみを、可動エッジ部810を不図示の駆動系で動かすことにより少し狭くして、所望の量だけ光量を少し減らしてスキヤン露光することで、露光領域全面で積算した結果として均一な強度で露光することが可能となる。

#### 【0058】

またマスキングブレード13は、801、802、803、804の4枚の遮光板により構成されており、図8において上下の遮光板803、804は、円弧スリット開口811における円弧照射領域812の両端を遮光する事で、図7(a)に示した露光領域702の上下幅(スキヤン幅)を決定している。

#### 【0059】

遮光板801及び802はスキヤン露光においてワンショットの露光開始から終了までの間に、それぞれ左右方向に移動して隙間を開閉する事で、露光領域702の左右幅(スキヤン長さ)を決定している。

#### 【0060】

次に、図1よりマスキング結像系14は、前述したマスキングブレード13を物体面、反射型マスク16(図では位置102)を像面とし、反射多層膜を成膜したミラーにより構成される結像光学系である。この結像系は、軸10AXを中心とする物体側の円弧領域に対して所望の倍率をかけて、投影系18に対して好適な円弧照明領域を形成するように結像する機能を有する。像側のボケは良好に補正されており、像面でスポット径が5mm以下、望ましくは1mm以下になるように設計されている。

#### 【0061】

同図において、14a、14b、14c、14dはそれぞれ中心軸10AXを回転対称軸とする、凹面又は凸面の球面または非球面から成るミラーであって、本実施例においては、14aから順番に凹凹凸凸の形状となっている。またマスキング結像系14の瞳面はミラー14bの反射面近傍にあり、ここに開口絞り15を配置している。この開口絞り15の開口パターンを変える事で、反射マスク側の照明光束の収束角(いわゆるコヒーレントファクタ $\sigma$ )を変えたり、変形照明を行ったりすることが可能である。

#### 【0062】

図1で示したマスキング結像系14の像側光束14'においては、平面ミラー14eで像側光束を反射マスク16の方向へはね上げた時に、平面ミラー14eによる反射によって光束14'が形成する円弧照明領域の円弧の向きは反転して、且つその円弧の中心は投影系18の中心軸18AXと反射マスク面の交点に一致している。そして、上記の光束14'の主光線と投影系18の物体側光束18'の主光線が、反射マスクを反射面として互いに一致するように配置されている。

#### 【0063】

本実施例の発明による照明装置を用いることにより、従来に対して

- ・高効率かつ均一な円弧照明を行ない、照度ムラを小さくする
- ・マスク面上でボケの小さい円弧照明を行なう
- ・照度ムラがあっても良好に補正を行なう

・コヒーレントファクタ $\sigma$ の切り替えや変形照明を行なうことが可能となり、露光装置に好適な照明光学系を達成することが可能である。

【実施例 2】

【0064】

次に、実施例 1 の露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図 14 はデバイス（IC や LSI 等の半導体チップ、液晶パネルや CCD）の製造フローを示す。ステップ 1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ 2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル）を製作する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いて基板（被処理体）としてのウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハとを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 よって作成されたウエハを用いてチップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 6（検査）ではステップ 5 で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ 7）される。

【0065】

図 15 は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ 11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ 12 ではウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ 13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 14（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 15（レジスト処理）ではウエハにレジスト（感材）を塗布する。ステップ 16（露光）では実施例 1 の露光装置によってマスクの回路パターンの像でウエハを露光する。ステップ 17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ 18（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ 19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらステップを繰り返し行なうことによりウエハ上に回路パターンが形成される。

【0066】

本実施例の製造方法を用いれば、従来は難しかった高集積度のデバイスを製造することが可能になる。

【0067】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、本実施形態では 13.5 nm の EUV 光を用いる照明系について説明したが、本発明はその他の光（例えば、波長 200 nm ~ 10 nm の極端紫外線領域（EUV）又は X 線領域の光）を用いる照明光学系にも適用することができる。なお、20 ~ 5 nm の光に対しては、レンズとして使用できる硝材は存在せず光学系をミラーで構成する必要があるため、その領域の光を用いる照明光学系に本発明を適用するとより有効である。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図 1】 本発明の実施例の概略図である。

【図 2】 インテグレータに平行光束が入射した場合について説明する図である。

【図 3】 インテグレータの概略図である。

【図 4】 インテグレータの断面形状を示す図である。

【図 5】 円筒面で反射した光束の角度分布を説明する図である。

【図 6】 円筒面で反射した光束により円弧領域が形成されることを示す図である。

【図 7】 スキャン露光の動作を示す図である。

【図 8】 可変円弧スリット及びマスキングブレードの概略図である。

【図 9】 平行変換光学系の概略図である。

【図 10】 冷却機構の流路を表す図である。

【図 11】 従来例を表す要部概略図である。

【図 1 2】従来の反射型インテグレータの模式的斜視図である。

【図 1 3】従来の照明領域と露光に使用される円弧領域を示す図である。

【図 1 4】デバイスの製造フローを示す図である。

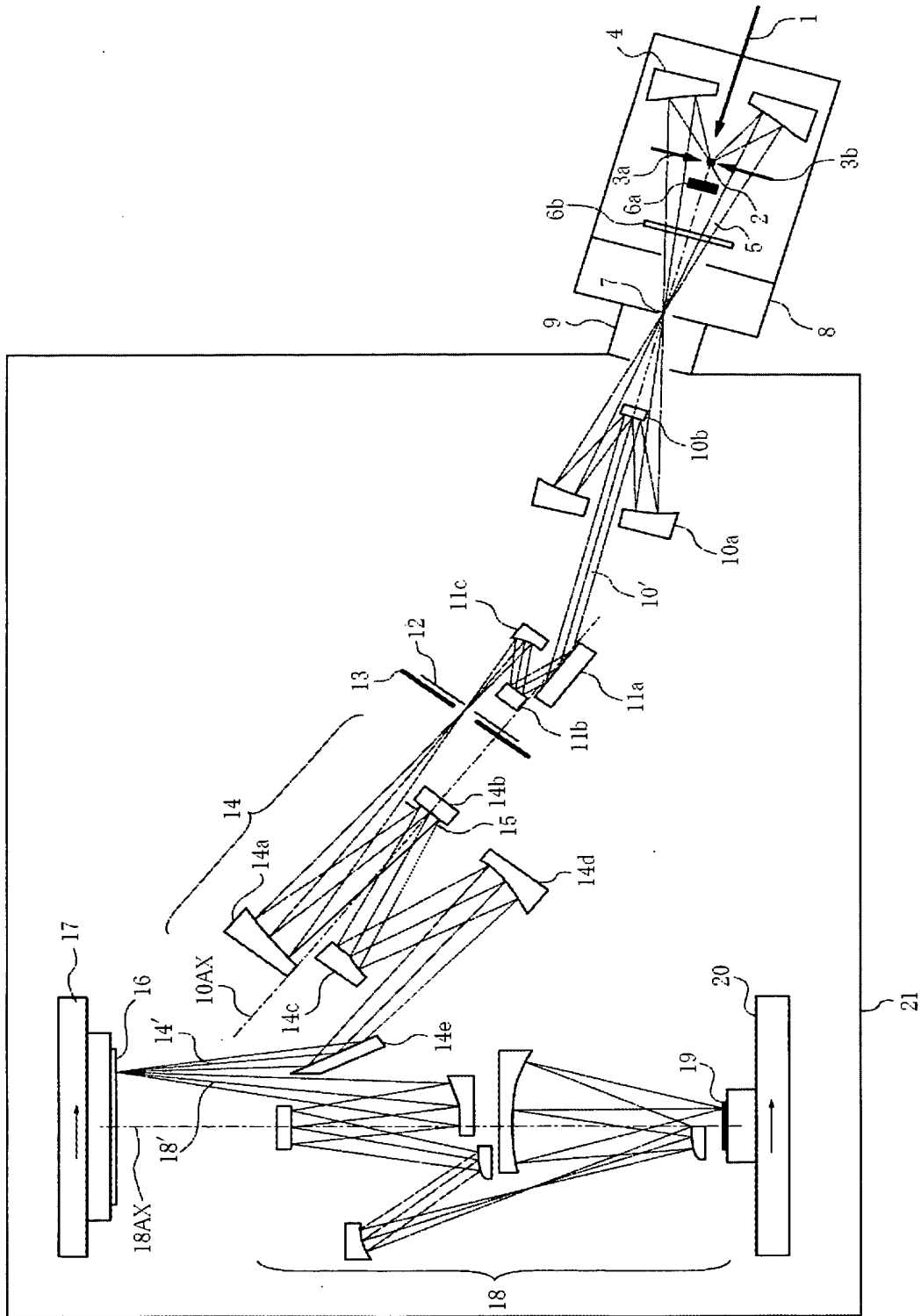
【図 1 5】図 1 4 中のウエハプロセスを示す図である。

【符号の説明】

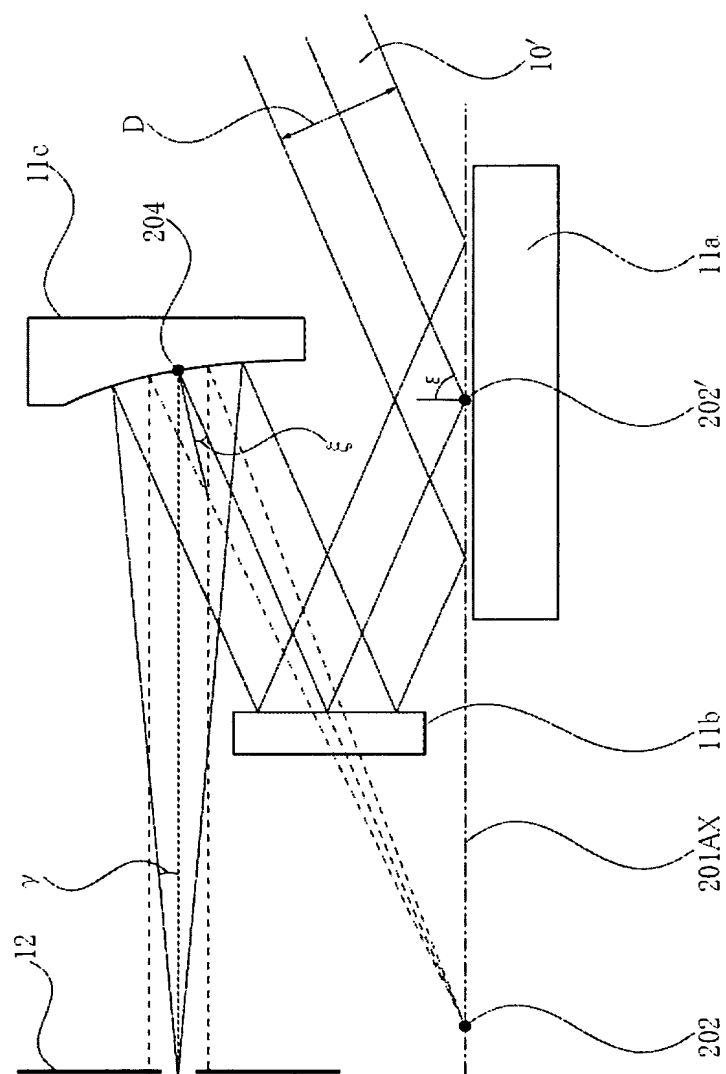
【 0 0 6 9 】

- 1 励起レーザ光
- 2 プラズマ発光点
- 4 集光ミラー
- 8 真空容器
- 1 0 a 平行変換光学系
- 1 0 b 平行変換光学系
- 1 1 a インテグレータ
- 1 2 可変円弧スリット
- 1 3 マスキングブレード
- 1 4 マスキング結像系
- 1 5 開口絞り
- 1 6 反射型マスク
- 1 7 マスクステージ
- 1 8 投影光学系
- 1 9 ウエハ
- 2 0 ウエハステージ
- 2 1 真空容器

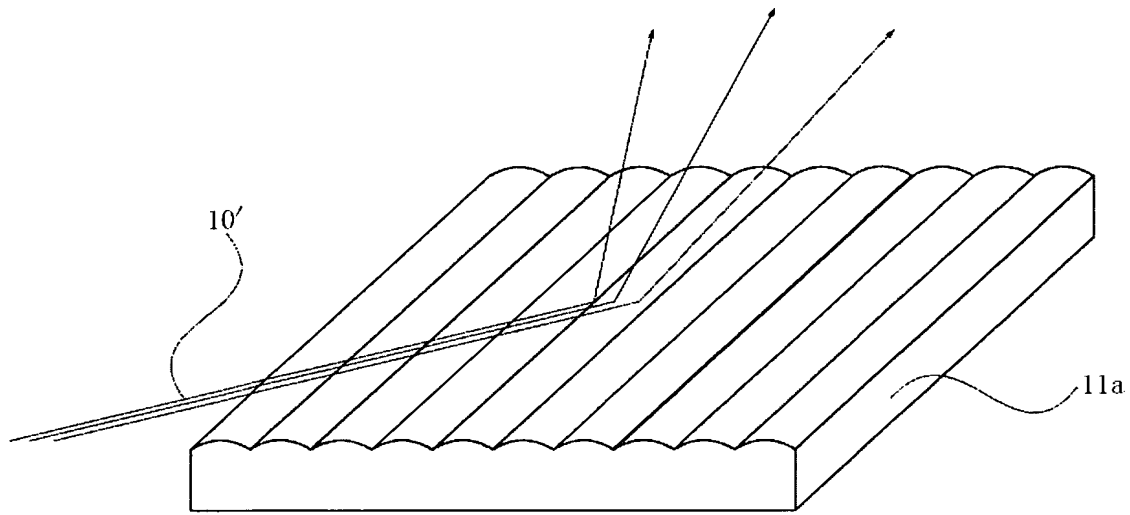
【書類名】 図面  
【図 1】



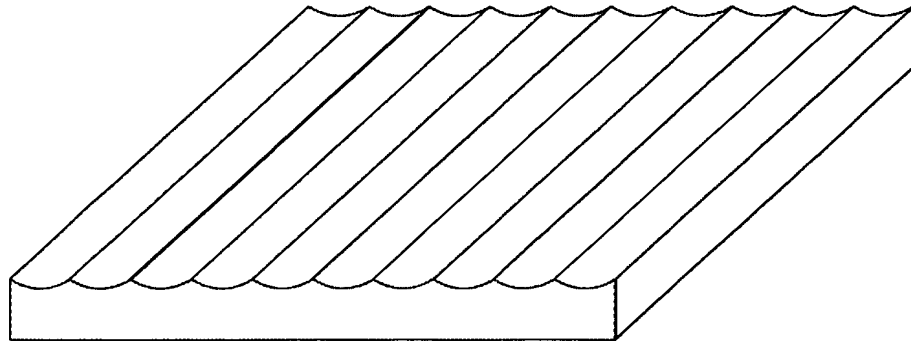
【图 2】



【図 3】

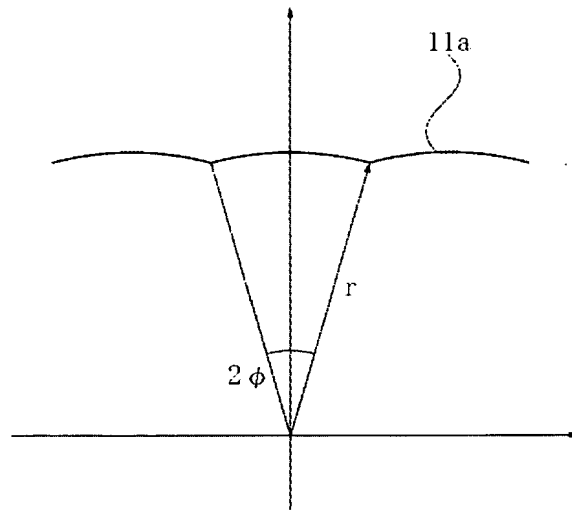


(a)

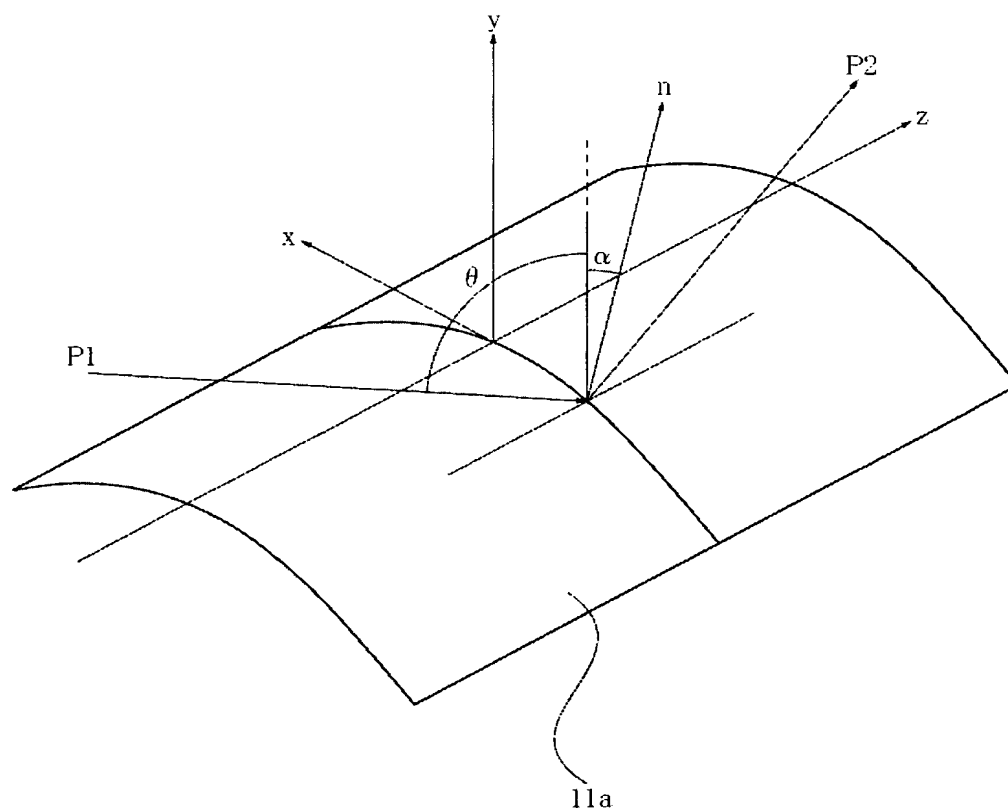


(b)

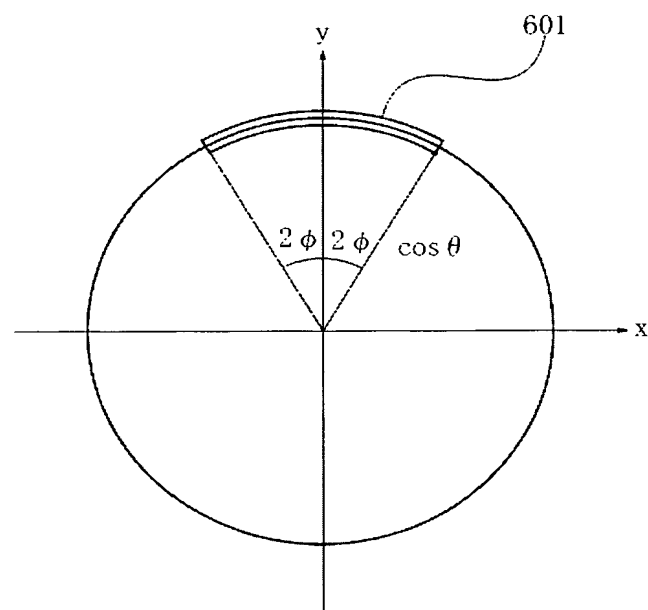
【図 4】



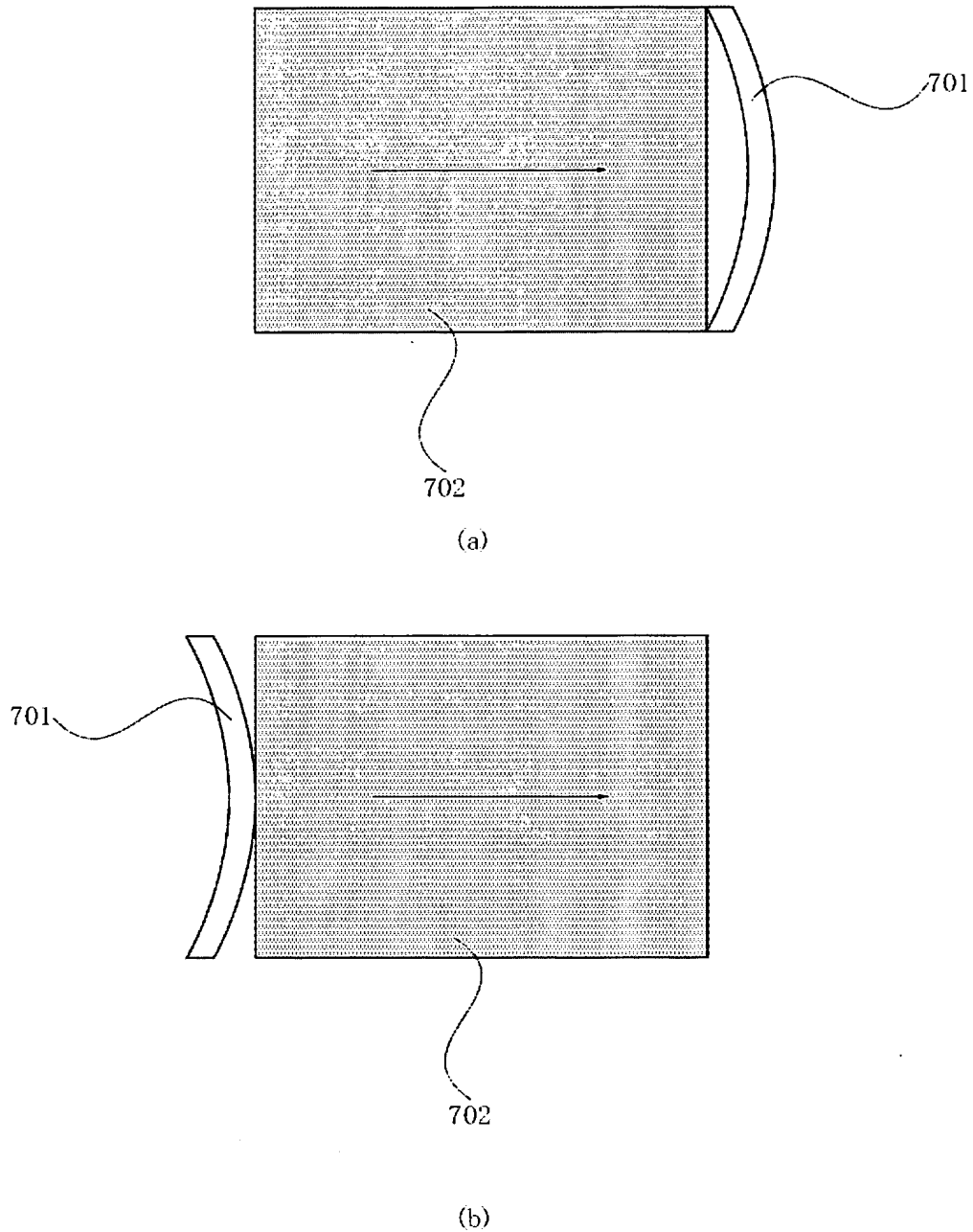
【図 5】



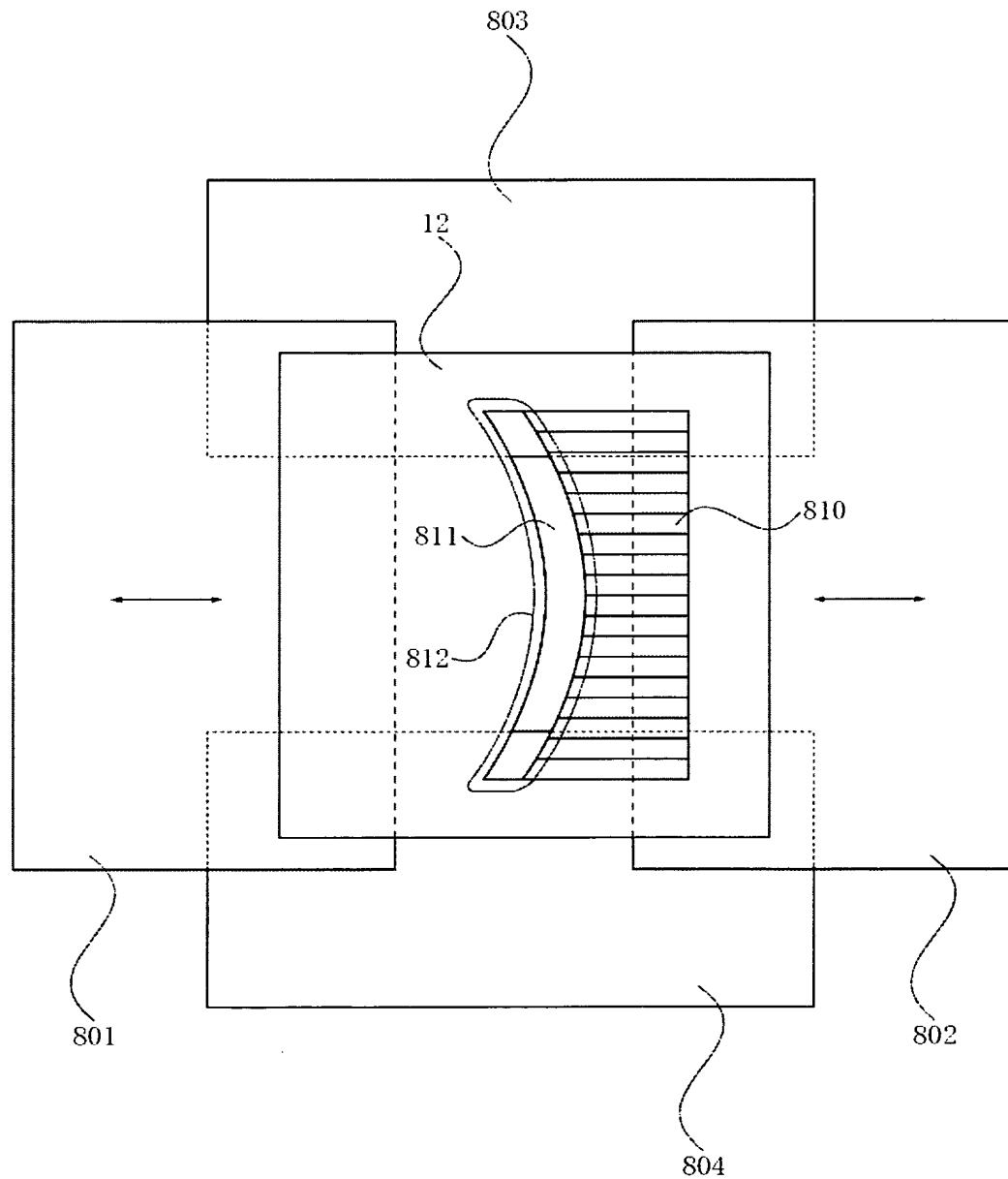
【図 6】



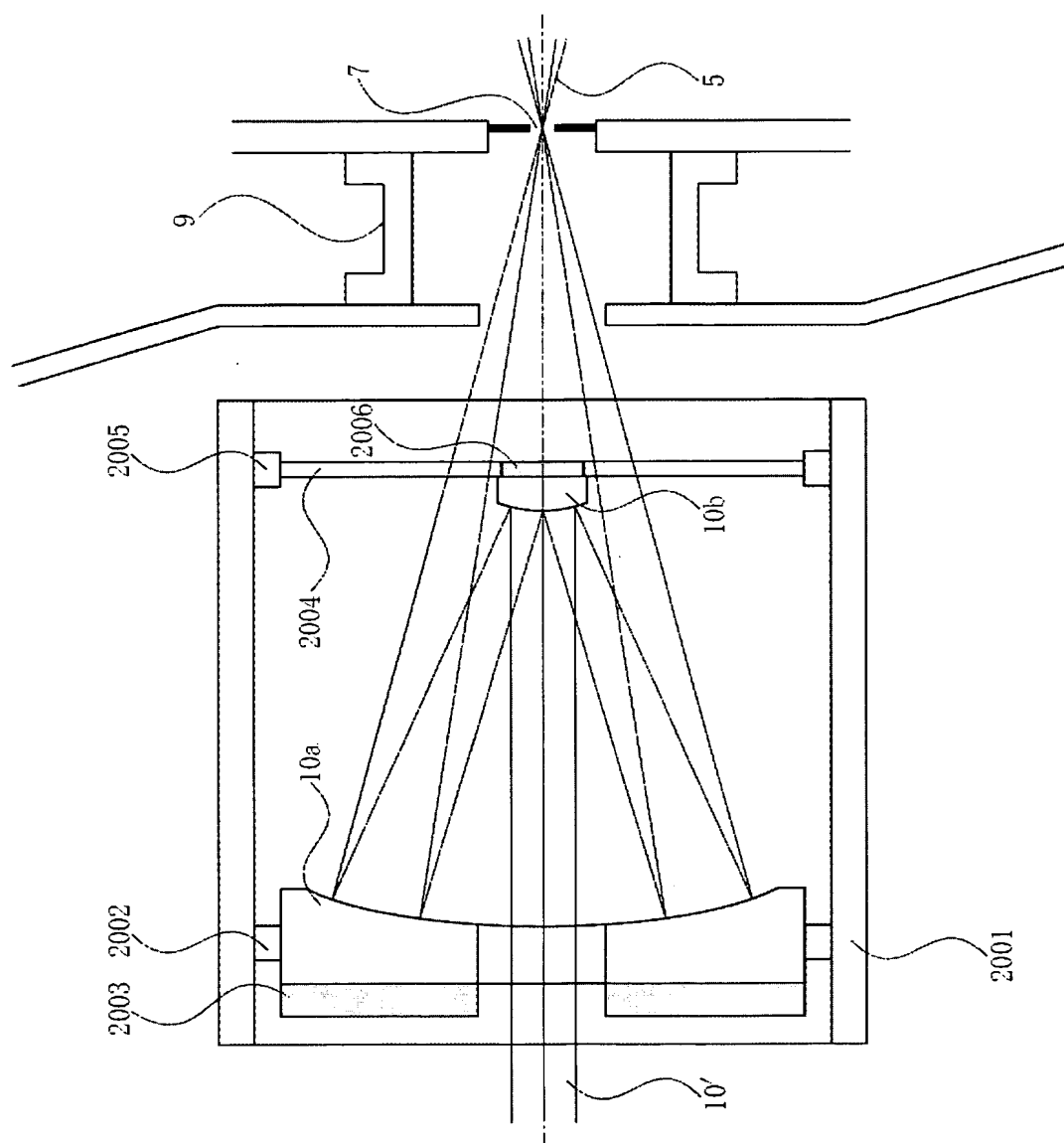
【図 7】



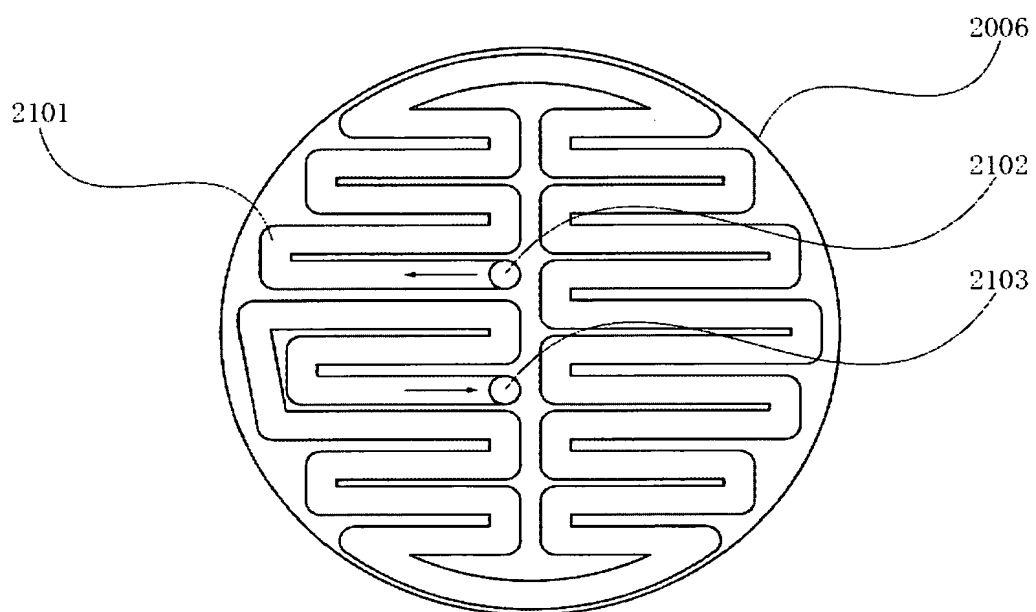
【図 8】



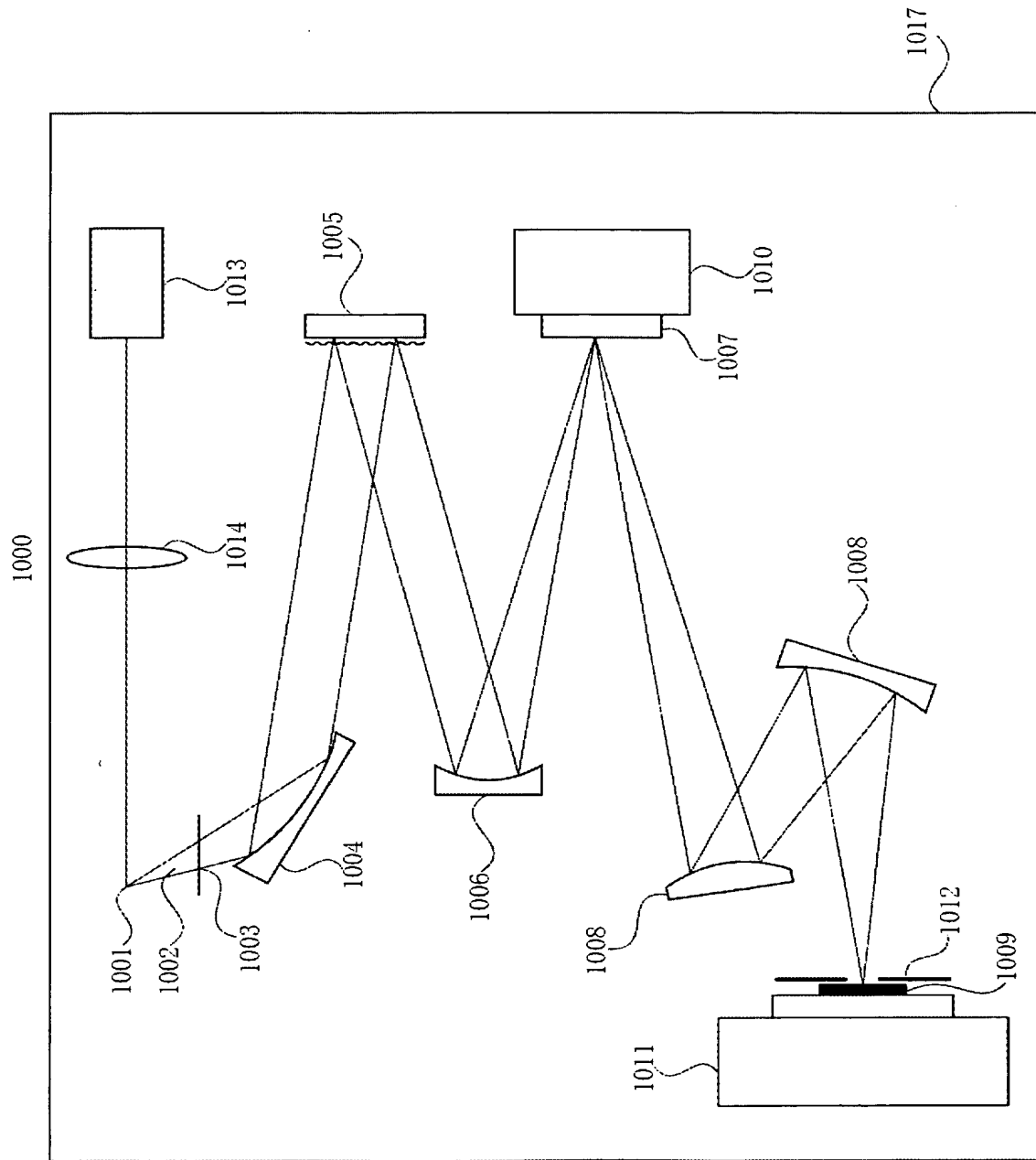
【図 9】



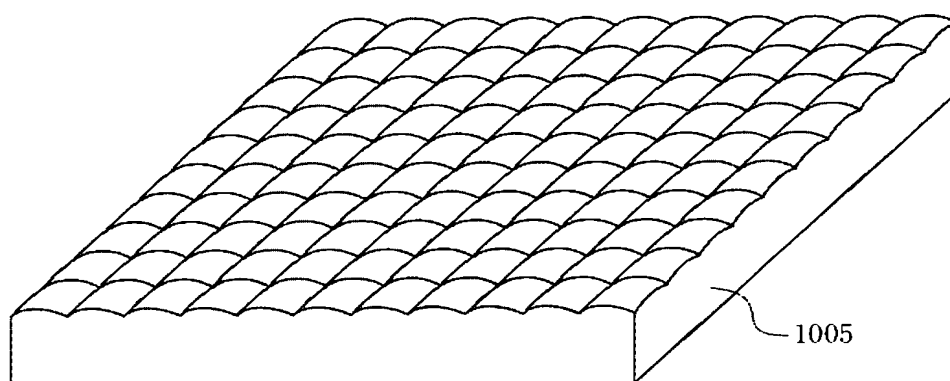
【図 10】



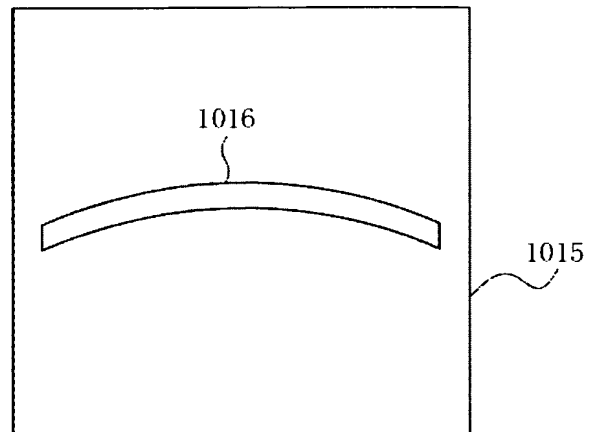
【図 11】



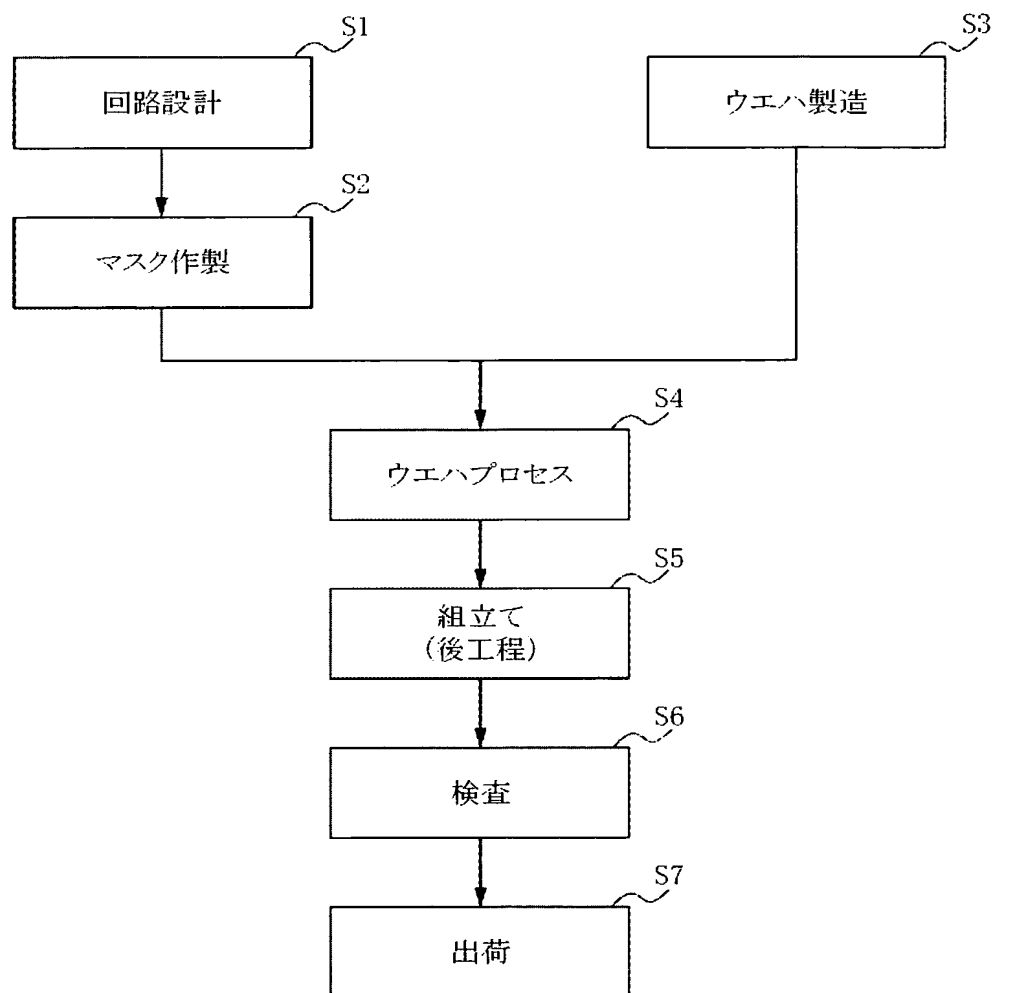
【図 12】



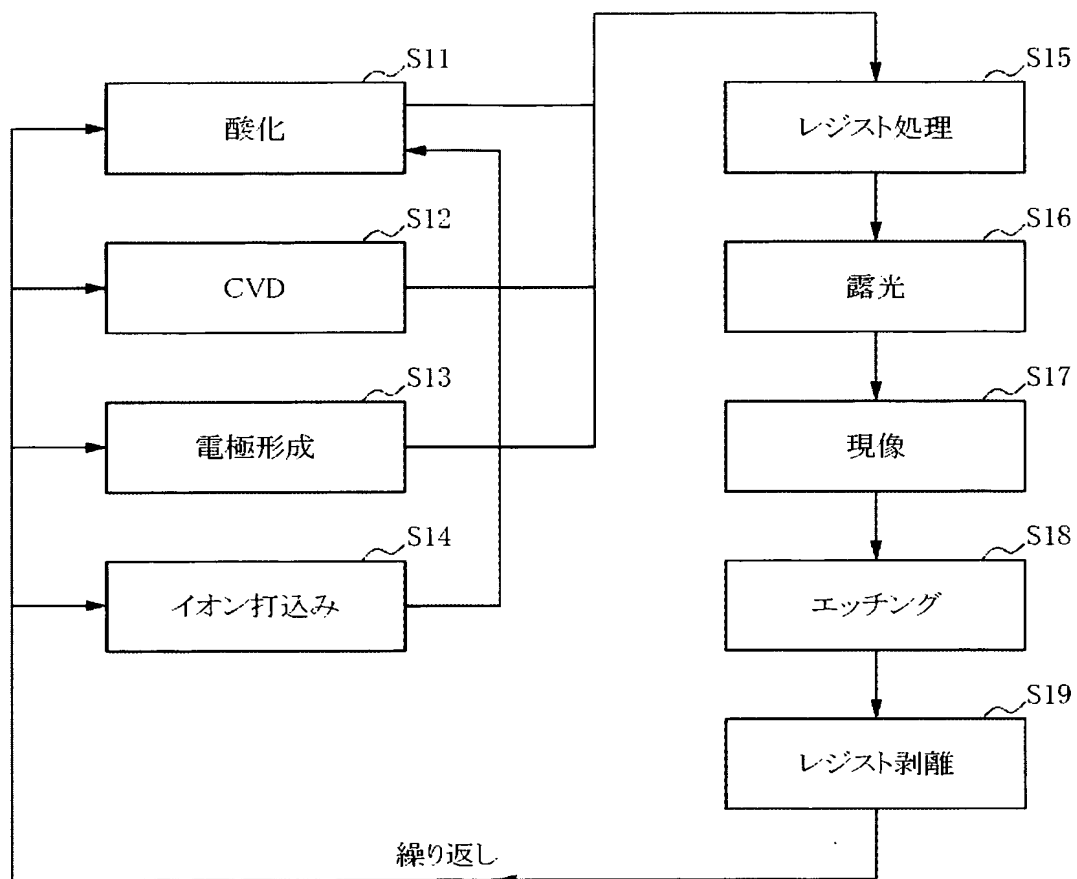
【図 1 3】



【図 14】



【図 15】



ウエハプロセス

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来よりもマスクを照明する光の角度分布が均一である照明光学系及びこれを用いた露光装置を提供すること。

【解決手段】 照明光学系において、光源部からの光束を略平行な光束にする光学系を備え、該光学系は第 1 ミラーと第 2 ミラーとを有し、該第 1 ミラーは開口部を持ち、該開口部を前記第 2 ミラーで反射する光束が通過することを特徴とする構成とした。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 2 4 6 3 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 1 0 0 7 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号
氏 名	キャノン株式会社